

Zastosowania procesorów sygnałowych – projekt 2020

Projekt 3: Analiza widmowa

Autor: Grzegorz Szwoch, greg@multimed.org, Katedra Systemów Multimedialnych, WETI PG

Aktualizacja: 15.05.2020

Wstęp

Celem zadania jest wykonanie analizy widmowej testowego sygnału oraz określanie częstotliwości podstawowej sygnału metodą widmową i metodą autokorelacji. Zadaniem studentów jest:

- wykonanie poleceń opisanych w kolejnych punktach instrukcji,
- opracowanie uzyskanych wyników w formie raportu (każdy punkt instrukcji wymienia co powinno znaleźć się w raporcie, ponadto zaleca się zamieszczenie w raporcie własnych wniosków),
- umieszczenie w serwisie sprawozdań skompresowanego pliku, zawierającego: raport w formie pliku PDF oraz opracowany kod (plik *main.c*, ew. inne pliki dodane lub zmodyfikowane przez studenta); kod powinien być oczyszczony z niepotrzebnych rzeczy, czytelnie sformatowany i opatrzony komentarzami.

Materiały pomocne w wykonywaniu zadania to prezentacje z wykładów ZPS: *Analiza częstotliwościowa*, *Zaawansowane algorytmy DSP* oraz *Systemy liczbowe*, a także dokumentacja biblioteki DSPLIB (dostępna w materiałach pomocniczych na stronie Katedry oraz po wpisaniu SPRU422J w przeglądarce internetowej).

Przed rozpoczęciem wykonywania zadań należy wykonać w CCS kopię szablonu projektu i nazwać ją *Widmo*. Wszystkie polecenia należy wykonać w tym projekcie.

1. Przygotowanie sygnału testowego

Zadania:

- Pobrać ze strony internetowej kursu plik *testsignal.h* i umieścić go w katalogu projektu. Plik zawiera tablicę wartości Q15 reprezentujących próbki fragmentu nagrania dźwięku klarnetu.
- Dołączyć ten plik dyrektywą *#include* do pliku *main.c*.
- W programie CCS wykonać i zapisać wykres czasowy zawartości tablicy *testsignal*. Uwaga: tablica *testsignal* nie będzie widoczna, dopóki jej w jakikolwiek sposób nie użyjemy. Można na razie dodać instrukcję typu `int x = testsignal[0];`.
- W programie CCS wykonać i zapisać wykres widma (FFT) całego sygnału testowego. Wybrać dowolny typ okna analizy, poza prostokątnym (*rectangular*). To samo okno będzie wykorzystywane w późniejszym poleceniu.

W raporcie:

- Zamieścić wykres czasowy sygnału testowego.
- Zamieścić wykres widma sygnału testowego. Opisać jego charakterystyczne cechy.

2. Analiza widmowa sygnału

Zadania:

- W dokumentacji DSPLIB znaleźć funkcję, która umożliwi obliczenie widma (FFT) dla sygnału rzeczywistego (*real*). Zapoznać się z dokumentacją funkcji i ze sposobem jej działania.
- Obliczyć widmo sygnału testowego wykorzystując funkcję z DSPLIB. Argument *type* podać jako *SCALE*. Rozmiar FFT: 2048 próbek.
- Napisać kod, który na podstawie wartości zespolonego widma oblicza widmo amplitudowe (moduł zespolonego widma). Uwaga: wszystkie operacje należy wykonać w tej samej tablicy, nie należy tworzyć dodatkowych buforów. Wykorzystać funkcję z DSPLIB obliczającą pierwiastek kwadratowy.
- Za pomocą CCS wykonać wykres obliczonego widma, tzn. wykres czasowy tablicy zawierającej obliczone widmo amplitudowe. Zapisać wykres.

W raporcie:

- Zamieścić kod obliczający widmo zespolone i widmo amplitudowe.
- Zamieścić uzyskany wykres widma. Porównać z widmem obliczonym przez CCS w zadaniu 1, omówić ewentualne różnice. Uwaga: zaobserwowano pojawianie się w widmie „duchów” - składowych na wysokich częstotliwościach. Proszę to zignorować, prawdopodobnie są błędy w implementacji FFT dla rozmiaru 2048, lub symulator działa nie do końca poprawnie. Można ograniczyć wyświetlanie widma do pierwszych 512 wartości.

3. Zastosowanie funkcji okna

Zadania:

- Za pomocą zewnętrznego oprogramowania (Matlab, Python, itp.) obliczyć współczynniki wybranego okna czasowego (takiego, jakie zastosowano w zadaniu 1). Zapisać je w formacie Q15 w stałej tablicy w kodzie projektu (uwaga na zakres).
- W programie CCS wykonać i zapisać wykres czasowy tablicy zawierającej wartości okna. Zweryfikować poprawność obliczeń.
- Dodać funkcję okna do procedury obliczającej widmo amplitudowe.
- Wykonać i zapisać wykres obliczonego widma, jak w zadaniu 2.

W raporcie:

- Zamieścić wykres czasowy funkcji okna wykonany w CCS.

- Zamieścić kod obliczający widmo amplitudowe.
- Zamieścić uzyskany wykres obliczonego widma. Porównać z wykresami uzyskanymi w zadaniach 1 i 2, skomentować różnice, opisać wpływ funkcji okna na kształt widma.

4. Wyszukiwanie maksimum w widmie

Zadania:

- Zaprojektować algorytm, który znajdzie indeks wartości widma odpowiadającej pierwszemu istotnemu maksimum widma. Algorytm powinien zakładać obecność podłogi szumowej w widmie, nie powinien również zakładać, że pierwsze maksimum ma największą amplitudę.
- Zaimplementować kod realizujący ten algorytm, w formie funkcji, która zwraca znaleziony indeks wartości widma. Zastanowić się nad zdefiniowaniem argumentów funkcji, które reprezentują zmienne parametry algorytmu.
- Uruchomić napisany algorytm, analizując widmo uzyskane **bez funkcji okna**. Sprawdzić poprawność działania algorytmu, ew. zmodyfikować kod tak, aby działał poprawnie. Wykonać zrzut fragmentu ekranu pokazujący wartość zwróconą przez napisaną funkcję.
- Napisać kolejną funkcję, która na podstawie znalezionego indeksu maksimum widma obliczy i zwróci jego częstotliwość w Hz, z dokładnością do 1 Hz (czyli jako liczbę całkowitą). Przyjąć stałą częstotliwość próbkowania równą 48 kHz i stały rozmiar FFT 2048. Podpowiedź: wzór na rozdzielczość częstotliwościową analizy widmowej. Dobrać właściwy format zapisu Q, tak aby zachować dobrą dokładność obliczeń. Wykonać zrzut fragmentu ekranu pokazujący wartość zwróconą przez napisaną funkcję.
- Obliczyć samodzielnie (bez implementowania kodu) estymowaną częstotliwość maksimum widmowego metodą dopasowania paraboli, opisaną na wykładzie dotyczącym analizy częstotliwościowej.

W raporcie:

- Opisać zaprojektowany algorytm wyszukiwania maksimum widmowego.
- Zamieścić kod funkcji wyszukującej maksimum widmowe.
- Zamieścić zrzut ekranu pokazujący obliczony indeks maksimum widma. Skomentować poprawność obliczeń.
- Zamieścić kod funkcji obliczającej częstotliwość składowej widmowej dla podanego indeksu.
- Zamieścić zrzut ekranu pokazujący obliczoną częstotliwość maksimum widma. Skomentować przyczyny rozbieżności w stosunku do rzeczywistej częstotliwości sygnału, wynoszącej około 440 Hz.
- Zamieścić obliczenia estymowanej częstotliwości maksimum. Porównać z wynikiem uzyskanym wcześniej, skomentować różnice.

4. Znajdowanie częstotliwości podstawowej metodą autokorelacji

Zadania:

- W dokumentacji DSPLIB znaleźć funkcję obliczającą autokorelację sygnału. Zapoznać się z jej opisem i ze sposobem działania.
- Obliczyć autokorelację sygnału testowego wykorzystując funkcję z DSPLIB. Użyć trybu obliczającego estymatę obciążoną (*bias*). Liczbę wartości funkcji autokorelacji można ograniczyć do 1000. UWAGA: ponieważ przy obliczaniu autokorelacji łatwo dochodzi do przepełnienia zakresu, należy skopiować próbki z *testsignal* do pomocniczego bufora, dzieląc je przez 16 (> 4) i wywołać funkcję autokorelacji podając ten bufor jako argument. Wykonać w CCS wykres funkcji autokorelacji i zapisać go.
- Napisać kod znajdujący położenie pierwszego maksimum funkcji autokorelacji, pomijając „zerowe” maksimum. Można wykorzystać napisaną wcześniej funkcję do wyszukiwania maksimum widma, jeżeli działa ona prawidłowo dla obu przypadków. Wykonać zrzut fragmentu ekranu pokazujący znaleziony indeks maksimum.
- Obliczyć samodzielnie (bez implementowania kodu) częstotliwość podstawową sygnału. Indeks znalezionego maksimum funkcji autokorelacji wyznacza okres sygnału wyrażony w próbkach, częstotliwość podstawowa to odwrotność okresu wyrażonego w sekundach.

W raporcie:

- Zamieścić kod obliczający funkcję autokorelacji.
- Zamieścić wykres funkcji autokorelacji i zinterpretować jego kształt. Wyjaśnić dlaczego w funkcji obecne są maksima położone w równych odległościach, ale o malejącej amplitudzie.
- Zamieścić kod znajdujący indeks pierwszego maksimum funkcji autokorelacji oraz zrzut ekranu pokazujący obliczoną wartość. Skomentować poprawność obliczeń.
- Zamieścić obliczenia częstotliwości podstawowej. Porównać uzyskaną wartość z wynikami uzyskanymi dla metody widmowej. Skomentować dokładność poszczególnych metod.

Koniec zadania projektowego